

V<sup>TM</sup> ~~B~~ o Technická univerzita Ostrava  
Fakulta Strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro řezání hliníkových profilů

Equipment for Aluminium Sections Cutting

Student: Bc. Tatsch Dalibor

Vedoucí diplomové práce: Dr. Ing. Melecký Jaroslav

Ostrava 2010

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci v etn. p íloh vypracoval samostatn pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostrav í í í í í í

í í í í í í í ..

podpis studenta

## Prohlášení

- Jsem byl seznámen s tím, že moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 o užití díla v rámci obecných a náboženských obad, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 o školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělně své vnitřní potřebě diplomovou práci užit (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavředu licenci smlouvu s oprávněným užití dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užití své dílo o diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (ať do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Dalibor Tatsch

Adresa trvalého bydliště – pobytu autora práce: Ant. Sovy 17, Opava

**Poděkování**

Za teoretické i praktické poznatky a připomínky děkuji Ing. Radku Malíkovi a Ing. Stanislavu Novotnému z firmy Ferram spol. s r. o. a svému vedoucímu Dr. Ing. Jaroslavu Meleckému.

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

TATSCH, D. Zařízení pro řezání hliníkových profilů. Ostrava : VUT – Vysoká Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 41 s. Vedoucí práce : Melecký, J.

Diplomová práce se zabývá současným stavem využití hliníku ve všech odvětvích průmyslu, především jako materiálu ve strojírenství. Popisuje jeho základních fyzikálních a mechanických vlastností. V další části diplomové práce je popsána kompletní výrobní linka na hliníkové profily včetně kotoučové pily, která je hlavním tématem této práce. Navazuje výpočet hlavních součástí kotoučové pily, zohledňující provozní podmínky. V poslední části navrhuji plán údržby pro všechny části kotoučové pily. Výstupem těchto opatření je zvýšení životnosti kotoučové pily.

TATSCH, D. Equipment for aluminium sections cutting. Ostrava : VUT – Vysoká Technical University of Ostrava, Faculty of Production Machines and Design, Department of Machine Parts and Mechanisms, 2010, 41 p. Thesis head : Melecký, J.

Master thesis is dealing with using aluminium in all kinds of industries in present, mostly like a material in mechanical engineering. I describe physical and mechanical properties. In next part of my master thesis I describe all production line for aluminium profiles, including circular saw, which is main topic of this thesis. On this part relates calculation of main parts of circular saw, which take into account process conditionals. In last part of this thesis I project plan of service for all parts of circular saw. Results of this advice is longer technical life of circular saw.

**Obsah diplomové práce**

Seznam použitého značení.....	7
1 Úvod .....	9
2 Výroba hliníkových profilů .....	10
2.1 Hliník obecně .....	10
2.2 Oblasti použití hliníku a jeho slitin.....	11
2.3 Vlastnosti hliníku a jeho slitin.....	13
2.4 Výrobní linka na hliníkové profily .....	16
3 Konceptní návrh zařízení pro řezání profilů o konceptní návrh zařízení souvisejících s pilou (dopravník pod pilou o Saw Table, podavač profilů a odměňovací zařízení o Digital saw gauge).....	22
3.1 Konceptní návrh pily o popis a návrh jednotlivých částí pily .....	23
4 Pevnostní výpočty o výpočty základních parametrů pily případně o MKP výpočty .....	26
4.1 Výpočet krouticího momentu na řezném kotouči.....	27
4.2 Výpočet omezeného převodu [4] .....	29
Stanovení potřebného průměru .....	33
4.3 Výpočet spoj pro přenos krouticího momentu z hřídele na náboj.....	34
5 Konstrukční návrhy .....	36
6 Plán údržby o návrh kompletního plánu údržby pily .....	37
6.1 Mazání.....	40
6.2 Tření při řezání.....	43
6.3 Otupení kotouče.....	45
7 Závěr .....	46
8 Použitá literatura.....	48
9 Seznam příloh.....	49

**Seznam použitého značení**

$A$	osová vzdálenost	[mm]
$A_{MAX}$	maximální osová vzdálenost	[mm]
$A_{MIN}$	minimální osová vzdálenost	[mm]
$A_{SK}$	skutečná osová vzdálenost	[mm]
$C$	souinitel vlivu úhlu opásání	
$C_L$	souinitel délky emene	
$C_P$	souinitel dynamické a pracovního režimu	
$D$	průměr ezného kotouče	[mm]
$D_1$	malý průměr emenice	[mm]
$D_2$	velký průměr emenice	[mm]
$F_1$	síla na boční stěna pera	[N]
$F_2$	síla na boční stěna pera	[N]
$F_C$	ezná síla	[N]
$F_{CAI}$	ezná síla zohledňující materiálové konst. hliníku	[N]
$K$	počet emen	
$L_P$	délka emene	[mm]
$L_P'$	předbávaná geometrická délka emene	[mm]
MIG	Metal inert gas	
$M_{K1}$	krouticí moment et zu	[Nm]
$M_{K2}$	krouticí moment na kotouči	[Nm]
$N_0$	ideální jmenovitý výkon na jeden emen	[kW]
$N_P$	skutečný p ená-ený výkon na jeden emen	[kW]
$P_1$	výkon motoru	[kW]
$P_1'$	teoretický výkon motoru	[kW]
$P_1$	výkon p ená-ený jedním emenem	[kW]
$P_2$	výkon na kotouči	[kW]
TIG	Tungsten inert gas	
$a_{MAX}$		
$b$	šířka pera	[mm]
$c_C$	souinitel pro výpočet ezné síly	
$h$	šířka stěny profilu	[mm]

$h_Z$	–í ka ezu (ého kotou e)	[mm]
$i$	p evodový pom r	
$i_{SK}$	skute ný p evedový pom r	
$k$	bezpe nost	
$l$	délka pera	[mm]
$m_C$	exponent pro výpo et ezné síly	
$n$	po et ezaných st n profilu	
$n_C$	exponent pro výpo et ezné síly	
$n_1$	otá ky motoru	[ot/min]
$n_2$	otá ky kotou e	[ot/min]
$p_1$	tlak na bo ní st n pera	[MPa]
$p_2$	tlak na bo ní st n pera	[MPa]
$p_D$	dovolený tlak	[MPa]
$s$	skluz	
$s_Z$	–í ka záb ru ezného kotou e	[mm]
$t$	vý-ka pera v h ídeli	[mm]
$t_1$	vý-ka pera v náboji	[mm]
$v_C$	doporu ená ezná rychlost kotou e	[m/min]
	úhel opásání malé emenice	[°]
	dopl kový úhel	[°]
	úhel opásání velké emenice	[°]
$\alpha_C$	celková ú innost	
$\alpha_{MAX}$	maximální úhel ezu	[°]



## 1 Úvod

Na základ zadání, které poskytla firma Ferram a.s. Opava, divize Strojírna jsem zpracoval Diplomovou práci, její hlavní cíle jsou následující. V první ad jde o obecné seznámení s hliníkem jako strojírenským materiálem, jeho základními vlastnostmi, výhodami a použitím v prmyslu. Následuje popis výrobní linky pro zpracování hliníkových profil. Jde se o pohled za ízení, které jsou použité v celém výrobním procesu, od lisu pro vytlačování profil až po záv re nou expedi ní ást linky.

Dal í kapitola je v nována popisem za ízení, které bezprost edn navazují na pilu. Jedná se p edev ím o vále kový dopravník pod pilou, podávací a odm ovací za ízení. Tyto stroje nejsou p ímo sou ástí pily, ale jsou zásadní pro její správnou funkci. Z tohoto d vodu uvádím jejich podrobný popis a funkci v rámci samotného procesu ezání a technologické návaznosti na pilu. Druhou ástí kapitoly je popis samotné pily, kterou jsem rozd lil na 3 základní ásti. Tyto jednotlivé ásti jsem podrobn popsal a uvedl jejich funkci v rámci celého stroje.

V kapitole v nované pevnostním výpo t m lo p edev ím o výpo et základních parametr pily. Z ezných podmínek, které vznikají p í ezání hliníkových profil jsem vypo etl výkon motoru, který slouží jako pohon pro pilový kotou . Následuje výpo et emenového p evodu a jeho kontrola únosnosti, výpo et pot ebné délky pera na h ídeli a jeho kontrola na otla ení. Ve v ech t chto výpo tech jsem uvařloval s nejhor í možnou kombinací provozních podmínek, tedy maximálním zatížením a následném zohledn ní bezpečnosti.

V kapitole nazvané Konstruk ní návrhy jsem vymodeloval pilu v 3D prost edí programu SolidWorks 2009, výstupem tohoto modelu je výkresová dokumentace, zahrnující výkresy základních sestav za ízení a výrobní výkresy sou ástí, které byli zadány firmou Ferram.

Záv re ná kapitola se v nuje návrhu kompletního plánu údržby pily. Dodržováním tohoto plánu chci docílit bezporuchového chodu stroje a předcházení

náhlych havárií, které mají za následek přerušení výrobního procesu, prostojů a to vede ke značným finančním ztrátám. Celý plán údržby plně respektuje tzv. zásady 3 P : preventivnost, proaktivnost a produktivnost. Tímto postupem lze dosáhnout dlouhé životnosti celého stroje bez náhlých poruch a nenaplánovaných oprav.

## 2 Výroba hliníkových profilů

### 2.1 Hliník obecně

Přestože má hliník největší procento zastoupení v zemské kůře, jeho průmyslová výroba začala teprve od roku 1859. V začátcích jeho průmyslového využití byl hliník velmi drahý, což vedlo k jeho použití jako úperku pro výzdobu koruny na Světové výstavě v Paříži v roce 1855.

Hliník se v přírodě nachází zhruba v 250 různých minerálech. Ekonomicky nejvýznamnější rudou pro výrobu hliníku je bauxit. Jednu tunu hliníku získáme ze čtyř až pěti tun bauxitu, v závislosti na jeho bohatosti. V současnosti se odhaduje světová výrobní kapacita z bauxitu na 130 milionů tun za rok, z toho 123 milionů tun se použije na výrobu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  a pouze 7 milionů tun pro speciální účely.

Bauxit jako pojem není přesně definován a jakému specifickému minerálu, ale hornině, která se skládá většinou z hydratovaných oxidů hliníku. Vyskytuje se především v tropech a subtropích, tj. v oblastech s dobrým odvodněním. Z hlediska geologického původu se rozdělují bauxity na lateritické, karstové a usazeninové. 86 % z celkového množství bauxitů zastupují bauxity lateritické, které se vyskytují v oblasti rovníku zvrácením. Karstové bauxity představují přibližně 13 % z celkového množství, nacházejí se v krasových podložích převážně v Evropě dále od rovníku, v Africe a pacifické oblasti. Zbývající 1 % zastupují usazeninové bauxity, nacházející se v evropské oblasti.

Co se týče těžby bauxitů, dominuje jí 5 zemí: Austrálie, Guinea, Jamajka, Brazílie a Čína. Další země, které se významně podílejí na těžbě bauxitů v celosvětovém měřítku jsou Venezuela a Indie. Největšími výrobci oxidu hlinitého jsou Austrálie, USA a Jamajka. Předpokládá se, že výroba bude v těchto státech dále expandovat. Dle údajů IAI (International Aluminium Institute) byl růst výroby od poloviny 20. století pozvolný (viz. Tab. 2.1).

Tab. 2.1 Celková produkce hliníku

Rok	Celková produkce $[tuny \cdot 10^3]$
1975	9,7
1980	12,6
1985	11,9
1990	14,1
1995	17,3
2000	21,1

Průmyslová výroba hliníku je známa především svou velkou náročností spotřeby elektrické energie a negativními důsledky na životní prostředí. Právě tímto směrem se bude ubírat směr v příštích letech, tzn. na snížení elektrické náročnosti.

## 2.2 Oblasti použití hliníku a jeho slitin

Hliník je v současné době používán ve všech oblastech, je přítomen ve všem co nás obklopuje. V začátcích své hospodářské produkce nebyl hliník moc rozšířený především díky své ceně. Přelomem se stalo období po 2. světové válce, kdy se postupně zvyšovalo rozšíření a použití hliníku, čímž klesala jeho cena. Díky svým vlastnostem našli hliníkové slitiny postupně uplatnění ve všech oblastech lidské činnosti. V posledních letech zaznamenal nejvýraznější nárůst co do použití hliníku a jeho slitin dopravní sektor, především letecký a automobilový průmysl. Pro bližší představu uvádím využití hliníku v jednotlivých odvětvích v roce 2002 (viz. Tab. 2.2).

Tab. 2.2 Procentuální spotřeba hliníku v jednotlivých odvětvích

Odvětví	Spotřeba [%]
Doprava (letecká, lodní, automobilová)	59,1
Stavebnictví	18,4
Strojírenství	10,3
Elektrotechnický průmysl	7,2
Potravinářský průmysl	4,3
Ostatní	0,7
<b>Celkem</b>	<b>100</b>

### Hliník v dopravě

Jak již bylo uvedeno v tab. 2.2 nejvýtím spotřebitelem hliníku je dopravní sektor. Převážně díky svým dobrým mechanickým vlastnostem při nízkých teplotách pod bodem mrazu a nízké hmotnosti je v letectví hliník materiálem číslo jedna. Například letadlo A340, které váží cca 90 000 kilogramů je ze 2/3 složeno z materiálů klasifikovaných jako slitiny hliníku. Speciálně v leteckém průmyslu je snaha o nahrazení hliníku jevtělehčími materiály na bázi hliníku, uhlíkovými a skelnými vlákny kompozit. I tak je hliník nenahraditelný u komponent namáhaných při vysokých napětích, jakými jsou například trup a křídla letadla.

V automobilovém průmyslu je nejvýtím argumentem pro použití hliníku jeho nízká hmotnost. Politické požadavky na nové vozy se ubírají směrem k lepšímu využití paliva, tedy nižší spotřebě a snížením celkových škodlivých emisí produkovaných automobilovou dopravou. Jednou z cest jak toho dosáhnout je právě snížení hmotnosti automobilu. Kromě leteckého a automobilového průmyslu našel hliník uplatnění i v kolejové dopravě, konstrukci lodí a kosmonautice.

## Hliník ve stavebnictví

V posledních desetiletích stoupla spotřeba hliníku ve stavebnictví především vyráběným pro noslových fasádních prvků (tvarované profily, trubky), které se používají při stavbě nákupních center, bank, kancelářských budov apod. Další oblastí využití hliníku ve stavebnictví je výroba jednotlivých konstrukčních dílů jako jsou například okna a výkladní skříně, dveře, střešní krytina apod. Díky tomu se stavebnictví dostalo na druhou příčku využití hliníku hned za dopravu. V dnešní době je hliník materiálem, který určuje vzhled různých budov jak v exteriéru tak interiéru, kde se používá jako obohacení architektury.

## Hliník ve strojírenství

Toto odvětví je tím nejvýznamnějším spotřebitelem hliníku. Ve strojírenství se používá nepřeberné množství součástí anebo celých součástí strojů z tohoto materiálu. Pro úplnost uvedu jen některé příklady, jako jsou výměníky tepla, cisterny a nádrže pro skladování i přepravu pákové vody, rotory a ventilátory například výroby páku, součásti textilních a optických přístrojů, různé technologická potrubí apod.

Obecně lze říci, že hliník nalezneme ve všech odvětvích lidské činnosti, toto byli pouze tři hlavní obory jeho využití.

## 2.3 Vlastnosti hliníku a jeho slitin

Za velký úspěch výroby a spotřeby hliníku v posledním desetiletí můžeme považovat jeho vlastnosti. Jde o velmi výhodnou kombinaci fyzikálních, mechanických, technologických a chemických vlastností, které umožňují tak široké využití hliníku například v odvětvích. Co se týče fyzikálních vlastností má hliník kubickou plošně centrovanou mřížku K12, což zajišťuje jeho dobré plastické vlastnosti jak za tepla, tak i za studena. Hodnoty základních fyzikálních vlastností naleznete v tabulce 2.3.

Tab. 2.3 Základní fyzikální vlastnosti hliníku

Vlastnosti	Hodnoty
Hustota	2,6989 g.cm <sup>-3</sup> (p i 20 °C)
Teplota tavení	660,4 °C
Teplota varu	2494 °C
Tepelná vodivost	247 W.m <sup>-1</sup> (p i 25 °C)
Atomová hmotnost	26,98154
Spalné teplo	31,05 MJ/kg

### Technologické vlastnosti hliníku a jeho slitin

Pod pojmem technologické vlastnosti si můžeme představit soubor fyzikálních a mechanických vlastností, které nám umožní ujit vyrobit výrobek požadovaným způsobem. Mezi základní technologické vlastnosti patří slévateľnost, tvářnost, obrobiteľnost a svařitelnost. Vhodnost jednotlivých materiálů pro zpracování určitým technologickým postupem se hodnotí podle speciálních zkoušek, které musí dát reprezentativní výsledky. Tyto zkoušky bývají obvykle součástí dodacích podmínek pro výrobu výrobků.

Pokud se bavíme o slévateľnosti hliníku, tak tento pojem úzce souvisí s teplotou tavení. Podle obsahu přidávaných legujících prvků se slitiny dělí na slévářenské a tvářené. Pomocí těchto legujících prvků a také pomocí samotného tváření se zvyšují mechanické vlastnosti polotovár. Další proces, který ovlivňuje mechanické vlastnosti je případně zvolené tepelné zpracování. Produktem této metody zpracování hliníku a jeho slitin jsou odlitky, zpravidla velmi složitě konstruované, jejich konečný tvar je dán slévářskou formou.

Tvářnost je vlastnost, která umožňuje při působení vnějších sil přetvořit materiál do požadovaného tvaru a rozměru, aniž by došlo k porušení celistvosti materiálu. Tvářnost je ovlivněna především chemickým složením, typem materiálu, druhem napjatosti, teplotou tváření a stavem tepelného zpracování tvářeného materiálu.

Z hlediska výrobních proces je tvárnost velmi důležitou vlastností, která ovlivňuje použití při lisování, válcování, kování, ohýbání a tažení. Pro určení tvárnosti materiálů se používají normalizované zkoušky, jako jsou například zkouška lávavosti, zkouška drátů střídaným krutem, zkouška jednoduchým krutem, zkouška při chování apod.

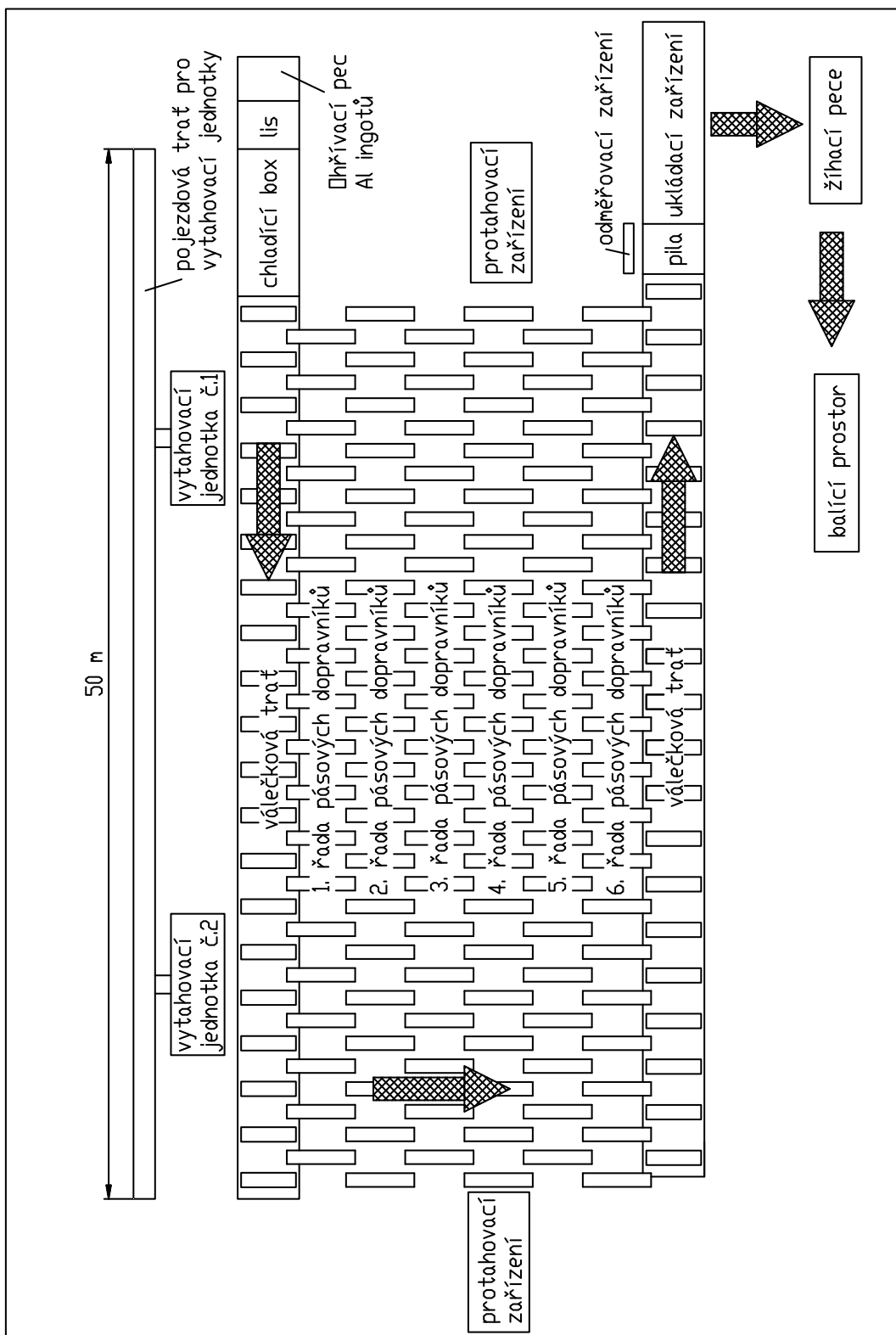
Svařitelnost významně ovlivňuje spojování jednotlivých dílů z hliníkových slitin, protože svařování patří mezi nejčastější metody spojování. Svarový spoj obvykle rozhoduje o vlastnostech svařeného dílu. Rozdíly mezi strukturou svarového spoje a základního materiálu ovlivňují mechanické a únavové vlastnosti spoje. Zmíněné vlastnosti, která nastává při svařování závisí na použité metodě svařování a na typu svařovaných materiálů. Existuje celá řada metod svařování. Nejrozšířenější jsou metody tavného svařování, které zastupují metodu MIG (Metal Inert Gas) a TIG (Tungsten Inert Gas). Obě metody jsou založeny na natavení svařovaných materiálů v místě spoje, při čemž při metodě MIG hoří oblouk mezi svařovaným materiálem a kovovou elektrodou, která je zároveň proudovým materiálem. U metody TIG hoří oblouk mezi základním materiálem a wolframovou elektrodou, která se netaví, což znamená, že při tomto způsobu svařování se do oblouku vkládá proudový materiál.

Pod pojmem obrobiteľnosť si lze představit řadu vlastností a parametrů. Patří zde například pořadovky na přesnost rozměrů obrobku, velikost řezné síly, kvalitu povrchu a požadovaný tvar tolerance pro daný způsob obrábění. Obecně lze konstatovat, že hliníkové slitiny jsou mnohem lépe obrobiteľné v porovnání s ostatními kovovými konstrukčními materiály. Například řezné síly u hliníkových slitin jsou výrazně menší v porovnání se stejnými pevnými oceli. Obrobiteľnosť istého hliníku je velmi závislá na rozdíle od dobře obrobiteľné hliníkové slitiny. Hlavní důvod tohoto rozdílu spoívá ve struktuře. Slitiny hliníku lze rozdělit do tří základních skupin z hlediska obrobiteľnosti. Jsou to slitiny slévárenské, tvářené a slitiny určené pro obrábění, které se nazývají automatové [1].

## **2.4 Výrobní linka na hliníkové profily**

Co se týče výroby hliníku, existuje několik metod jeho zpracování na požadovaný tvar a chemické složení. Pro účely této diplomové práce popíšu výrobní linku, kterou dodávala firma Ferram s.r.o. v roce 2008 do norského města Raufoss firmě Hydro. Nedílnou součástí této linky je pila na hliníkové profily, která je předmětem Diplomové práce. V tomto případě se jedná o výrobu hliníku metodou kontinuálního protlačování. Rozmístění jednotlivých strojů a jejich návaznost je dobře patrná z obr. 2.4.





Obr. 2.4 Schéma výrobní linky

Celá linka začíná ohřívací pecí hliníkových ingotů, kde se materiál ohřívá pomocí vzduchu na požadovanou teplotu a vstupuje do protlačovacího lisu. Tvar, tedy přesný profil, udává poufletá matrice lisu. Tato matrice je vyměnitelná, tedy může mít nejrozličnější tvar podle přání zákazníka (tvar, obdélník, kruh apod.).

Za lisem následuje váleková trať s délkou zhruba 50 metrů. Na začátku této trati je umístěn chladicí zařízením, které za pomoci vody a vzduchu rychle ochlazuje profil, abychom dosáhli požadovaných technologických vlastností. Chladicí box, vyrobený z nerezové oceli, setrvává v dolní poloze. Horní kryt boxu je výškově nastavitelný pomocí pneumatických válců, válekový stůl na straně protlačovacího lisu je také výškově nastavitelný a jeho pomoha se volí v závislosti na tvaru (výšce) protlačovaného profilu (viz Obr. 2.5). Důležité je aby byl umožněn přístup k profilu. Chladicí médium je dopravováno pomocí čerpadla a přes trysky umístěné v dolní části a horním krytu ochlazuje profil. Vytváří vodní sprej, který tvoří na povrchu profilu vlhký film který se okamžitě odpařuje. Toto je princip prvotního schlazení profilu, jeho pozvolné dochlazování probíhá po celé délce válekové trati pomocí proudu vzduchu. V této fázi výrobního procesu má protlačovaná tyč přesné rozměry což se týká i průřezu, ale velice nepřísnou přesností.



Obr. 2.5 Chladicí box

Rovněž s válekovou tratí se pohybují dvě jednotky vytahovacího zařízení (viz. Obr. 2.6). Jakmile schlazený profil opustí chladicí box, je uchopen elistmi první jednotky a unášen smotkem od lisu po válekovou trať. V polovině válekové trati je

profil předán do elistí druhé vytahovací jednotky a pokračuje ve směru od lisu. První jednotka, jejíž součástí je pila, se vrací na začátek válekové trati. Jakmile má ty poskládanou délku (zhruba 45 m), první jednotka vytahovacího zařízení profil uvele. Váleková trať umožňuje postupné ukládání uznaných tyčí vedle sebe.



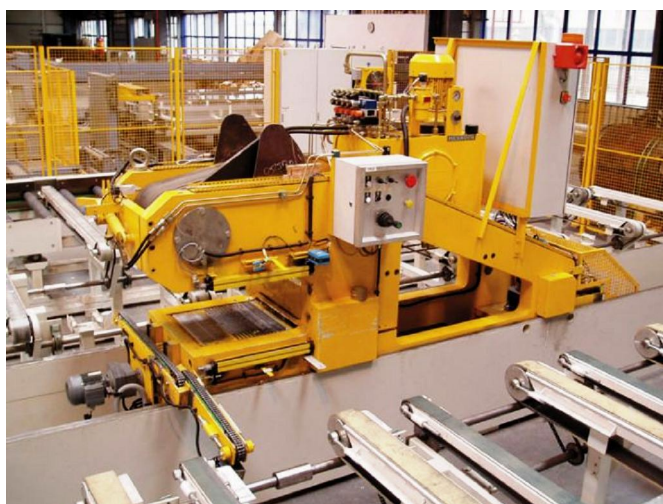
Obr. 2.6 Vytahovací zařízení

Na toto zařízení navazuje systém pásových dopravníků. Tyto zařízení slouží k posunu uznaných tyčí ve směru kolmém na směr, kterým se tyče pohybovaly po válekové trati. Pásové dopravníky jsou rozmístěny v jednotlivých řadách, které se navzájem překrývají. První řada pásových dopravníků je pod úrovní válekové trati, která umožňuje horizontální pohyb. Jakmile se celá trať začne pohybovat směrem dolů, v určitém okamžiku se dostane pod úroveň pásových dopravníků a tyče se začnou posouvat ve směru kolmém od válekové trati. Celá tato soustava dopravníků je rozmístěna do řady, přičemž řady dopravníků jsou vždy jednotlivě v provozu a tím se docílí postupného posunu tyčí (viz. Obr. 2.7). Poloha tyčí je kontrolována pomocí fotobuněk.



Obr 2.7 řady pásových dopravníků

V tomto systému pásových dopravníků se nachází i Protahovací zařízení, které má za úkol z tyče obecné průměry vytvořit tyče rovnou (viz. Obr. 2.8). Celé zařízení se skládá ze dvou částí, každá je na jednom konci systému dopravníků. Obě části mají velmi podobnou konstrukci, jejich hlavní částí je tuhý ocelový rám. Na obou stranách jsou hliníkové tyče uchyceny do hydraulických elistů, jedna část Protahovacího zařízení má možnost horizontálního pohybu elistů pomocí dalšího hydraulického válce. Tento válec vyvodí značnou sílu, kterou překoná mez kluzu hliníkových tyčí a ty se touto operací šnarovnají.



Obr. 2.8 Protahovací zařízení



Na poslední adu pásových dopravníků navazuje válekový stůl a pila pro řezání hliníkových profilů. Tyto části výrobní linky jsou hlavními pro téma této Diplomové práce, proto se jimi budu podrobně zabývat v následující kapitole.

Za pilou se nachází Ukládací zařízení, které je kombinací několika vzájemně propletených samostatných částí. Mezi hlavní patří podavač na řezané profily, manipulátor a transportní zařízení přepravních palet (viz. Obr. 2.9). Úkolem tohoto zařízení je automatické ukládání hliníkových tyčí, které jsou po předchozí operaci nařezané na požadovanou expediční délku. Ty se ukládají do přepravních palet, mezi jednotlivé vrstvy se vkládají prokládací podložky.

Za ukládacím zařízením mohou následovat fláhací pece, kde dochází k tepelnému zpracování tyčí. Finálním prvkem výrobní linky je balicí prostor, kde se přepravní palety chystají na expedici [2].



Obr. 2.9 Ukládací zařízení

### **3 Koncept ní návrh za ízení pro ezání profil ó koncep ní návrh za ízení souvisejících s pilou (dopravník pod pilou ó Saw Table, podava profil a odm ovací za ízení ó Digital saw gauge)**

Jedná se o za ízení, které ve výrobním procesu p ímo navazují na kotou ovou pilu nebo se nacházejí t sn p ed ní. Jako první je to vále ková tra . Ta navazuje na poslední adu systému pásových dopravník . Těstá ada pásových dopravník p esahuje mezi vále ky trat . Celá vále ková tra je vý-kov stavitelná pomocí pneumatických válc a pákového mechanismu (Obr. 3.1). Jakmile se hliníkové profily p esunou na konec –esté ady pásových dopravník celá vále ková tra se vertikáln zvedne a p ebere hliníkové profily z pásových dopravník . Tím se docílí zm na pohybu hliníkových profil , které se pohybují ve sm ru kolmém neř p í p ede-lé operaci.



Obr. 3.1 Vále ková tra

Dal-ím za ízením související s pilou je digitální odm ovací za ízení se stavitelným dorazem. Hliníkový profil se pohybuje po vále kové trati pod ramenem kotou ové pily, odm ovací za ízení m í vzdálenost konce hliníkového profilu od kotou e. Délka profilu se docílí pomocí stavitelného dorazu, který se pohybuje nad vále kovou tratí a je ovládám pomocí pneumatického válce (viz. Obr. 3.2). Tímto zp sobem se hliníkové profily eřlou na kone nou expedi ní délku [2].

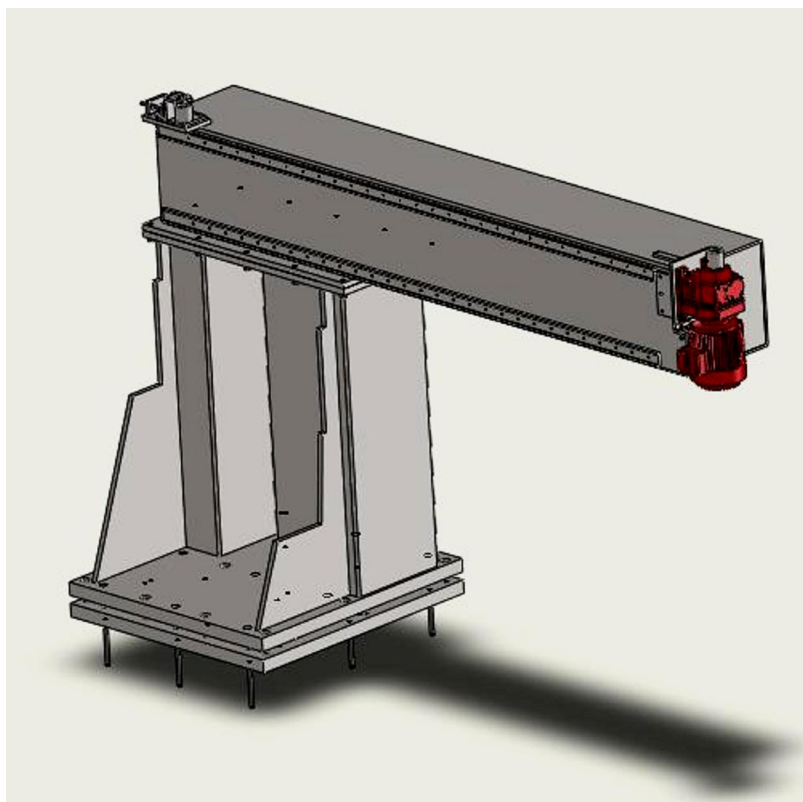


Obr. 3.2 Odměňovací zařízení

### 3.1 Koncepční návrh pily a popis a návrh jednotlivých částí pily

Samotná kotoučová pila se v podstatě dělí na 3 části, a to základní rám, pohonná jednotka a podržovací zařízení.

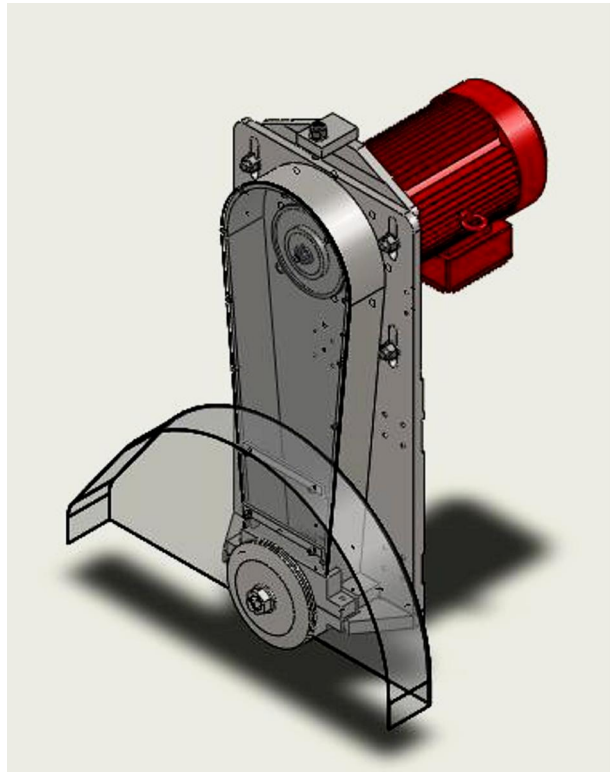
První z nich je základní rám. Tvorbí ho sloup a rameno (viz. Obr. 3.3). Obě části jsou k sobě pevně nýrbovým spojem. Sloup je složen ze dvou ocelových profilů o rozměrech 400 x 400 mm a 400 x 200 mm se shodnou tloušťkou stěny 10 mm. Na obou stranách jsou připevněny plechy, ten spodní slouží k ukotvení stroje, horní ke nýrbovému spojení s ramenem. V obou profilech jsou uvnitř připevněny betonové výztuhy o průměru 8mm, které jsou po celé délce profilu. Ve spodní desce jsou vyvrtány otvory pro průstup do profilu, a to z důvodu následného zalití profilu betonem. Ten se používá kvůli snížení vibrací stroje při práci. Stejný princip se používá i u ramene, ten je rovněž vyztužen drátem a zalit betonem. Rameno tvoří profil o rozměru 400 x 400 x 10 mm. Na levé straně profilu ramene je horizontálně připevněno lineární vedení Rexroth Star. Profil je z obou stran zapevněn plechy, z jedné strany z důvodu nýrbového spojení se sloupem, na druhé straně je umístěna konzola pro připevnění elektromotoru. Tento motor slouží k posuvu pohonné jednotky, která se pohybuje horizontálním směrem pomocí lineárního vedení na sloupu. Tento motor nám tedy udává rychlost posuvu kotouče do zezu, tzv. posuv na zub.



Obr. 3.3 Základní rám

Na základní rám přímo navazuje pohonná jednotka, kterou tvoří elektromotor, menový převod a hřídel, na které jsou elisti pro uchycení pilového kotouče (viz Obr. 3.4). Celá tato pohonná jednotka je upevněna na jednom plechu, ke kterému je přišroubováno vertikální lineární vedení Rexroth Star. Celá pohonná jednotka je navržena tak aby vyhovovala zadání diplomové práce a ověřená výpočtem (viz. Kapitola 4). Elektromotor jsem zvolil od firmy Sew, vzhledem k jeho kompaktním rozměrům. Na hřídel elektromotoru přímo navazuje menový převod, který je v našem případě šedo rychlař z duralu dosazení správné pracovní rychlosti udávané výrobcem kotouče. Co se týče samotného kotouče, použil jsem typ Multicat od výrobce GSP High Tech Saws, který je přímo určený pro řezání trubek a profilů z hliníku. Tento typ zajišťuje menší hlučnost při řezání a delší životnost. Průměr kotouče je 780 mm a je závislý na zadaném maximálním průřezu pily. Kotouč je upevněn v elistích talířovitěho tvaru, které jsou k sobě přitahovány maticí M30. Obě tyto části stroje, tedy základní rám a pohonnou jednotku je třeba odděluje mezi lánek.





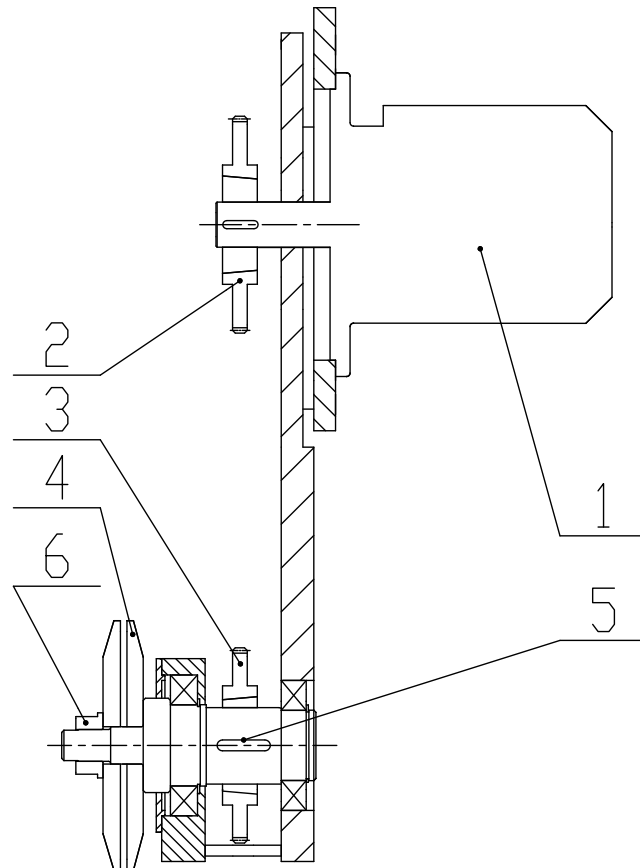
Obr. 3.4 Pohonná jednotka

Tím je deska, na kterou je z jedné strany připevňován pojezd pro lineární horizontální vedení na ramenu a z druhé strany je připevňován druhý pojezd, ale tentokrát vertikální. Tento pojezd je spojen s lineárním vedením na pohonné jednotce. Tímto způsobem je zaručeno, že celá pohonná jednotka, tudíž pilový kotouč, vykonává horizontální i vertikální pohyb. V praxi pak kotouč opisuje dráhu tverce. Toto uspořádání je použito z důvodu větší efektivity celého procesu řezání a posuvu materiálu přes pilu. V praxi to funguje tak, že pila u efektivního svazku profilů, vysune se nahoru do horní úvratě po lineárním vedení a na požadované pozici pro řezání se vrátí v horní poloze. Zatímco se vrací kotouč na pracovní polohu, tak po válce kové trati se přesouvají nové profily na řezání. Tímto postupem se celý proces zrychluje a zefektivňuje.

Poslední hlavní částí pily je přídavné zařízení. Jak vyplývá ze samotného názvu, hlavní funkcí tohoto zařízení je přídavné hlínkování hliníkových profilů v průběhu řezání. Tímto opatřením se snižují vibrace při řezání a zlepšuje se jakost plochy řezu. Základem této součásti jsou v podstatě dva na sebe kolmé plechy, vyztužené flebry ve tvaru trojúhelníku. Ze spodní strany je připevňována pryžová deska, která tvoří

dosedací plochu pro hliníkové profily. Tato deska má tloušťku 40 mm z důvodu dobrého tlumení vibrací. Na horní straně je připevněn obdélníkový profil 100 x 50 mm. K tomuto profilu jsou na koncích připevněny vodící tyče a uprostřed pneumatický válec, který zabezpečí zdvih samotného zařízení. Pro zvýšení tuhosti celého zařízení jsou jednotlivé části vodících tyčí a pneumatického válce –roubovým spojem spojeny obdélníkovým profilem.

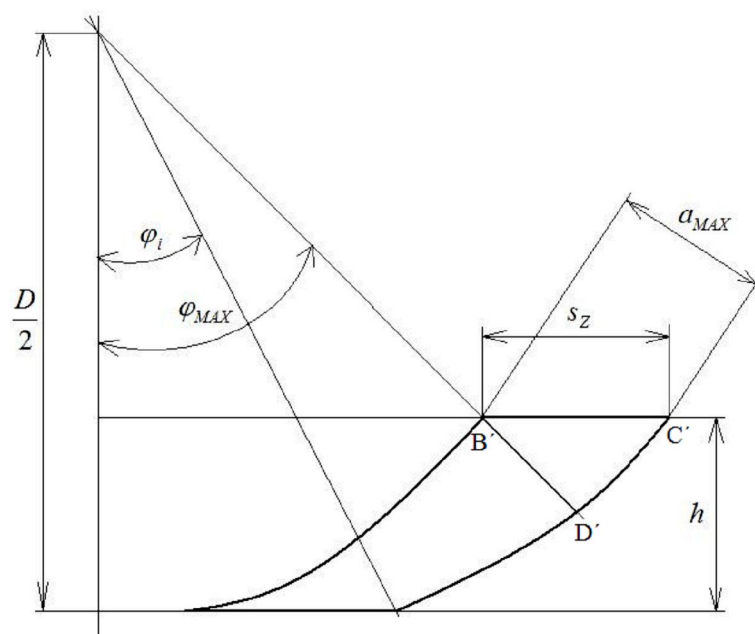
#### 4 Pevnostní výpočty základních parametrů pily pro případ doplnění o MKP výpočty



Obr. 4.1 Základní schéma

- 1 - motor
- 2 - ložnice  $D_1$
- 3 - ložnice  $D_2$
- 4 - pružina + kotouč
- 5 - osa
- 6 - matica

#### 4.1 Výpočet kroučícího momentu na vnitřním kotouci



Obr. 4.2 Geometrie ezu

$$\sin \varphi_{MAX} = 2 \cdot \sqrt{\frac{h}{D} - \frac{h^2}{D^2}} \quad (4.3)$$

$$\sin \varphi_{MAX} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10}{780} - \frac{10^2}{780^2}} = 0,224$$

h – tloušťka ezu, v mém případě tloušťka stíněvaného profilu

D – průměr vnitřního kotouče

$\varphi_{MAX}$  – max. úhel ezu vzhledem k vertikální ose

Odvození délky záběru ezného kotouče  $s_z$  (viz. Obr. 4.1) :

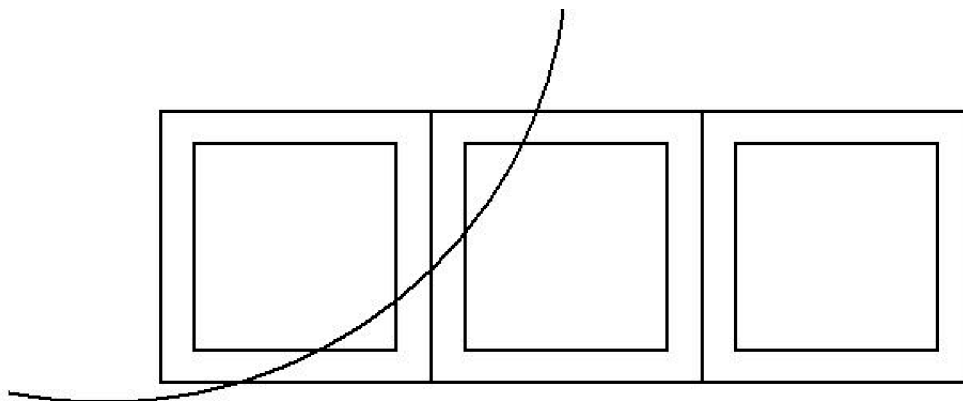
$$\triangle B'C'D' \Rightarrow a_{MAX} = s_z \cdot \sin \varphi_{MAX} \Rightarrow s_z = \frac{a_{MAX}}{\sin \varphi_{MAX}} \quad (4.4)$$

$$s_z = \frac{5}{0,224} = 22,32 \text{ mm}$$

$s_z$  – délka záběru ezného kotouče na vnitřní plochu

**ezná síla** (viz. Pozice 4 Obr. 4.1)

Při výpočtu uvažuji nejhorší variantu, která může při ezání nastat, a to moment kdy ezný kotouč efle druhý profil, ale zároveň neopustil první profil. V tomto okamžiku v podstatě efle 4 stny, říku sz tedy musím vynásobit ty mi (viz. Obr. 4.5) [3].



Obr. 4.5 Schéma ezny profil

$$F_C = c_C \cdot h_Z^{n_C} \cdot n \cdot s_Z^{m_C} \cdot \sin^{m_C} \varphi_{MAX} \quad (4.6)$$

$$F_C = 1900 \cdot 8^{0,76} \cdot 4 \cdot 22,32^{0,97} \cdot 0,224^{0,97} = 175,3 N$$

$F_C$  ó ezná síla

$h_Z$  ó říka ezny, tedy ezného kotouče

$n$  ó počet ezaných stn profilu

$c_C, m_C, n_C$  ó exponenty pro výpočet ezné síly

V tomto výpočtu jsem použil exponenty  $c_C$  a  $m_C$  klasické uhlíkové oceli, slitiny hliníku se samozřejmě eflo mnohem snadn ji, proto výslednou eznou sílu vydším t emi [3].

$$F_{CAI} = \frac{F_C}{3} = \frac{175,3}{3} = 58,4 N$$

$F_{CAI}$  ó ezná síla zohledující materiálové konstanty hliníku

$$Mk_2 = F_{CAI} \cdot \frac{D}{2} \quad (4.7)$$

$$Mk_2 = 58,4 \cdot \frac{0,78}{2} = 22,8 Nm$$

$Mk_2$  ó kroučící moment na kotou i

$$n_2 = \frac{v_C \cdot 1000}{D \cdot \pi} \quad (4.8)$$

$$n_2 = \frac{4000 \cdot 1000}{780 \cdot \pi} = 1632 \text{ ot} / \text{min}$$

$v_C$  ó doporu ená ezná rychlost kotou e

$v_C = 1000$  ó  $4000$  m/min, vypo tené otá ky  $n_2$  jsou tedy max. dovolené

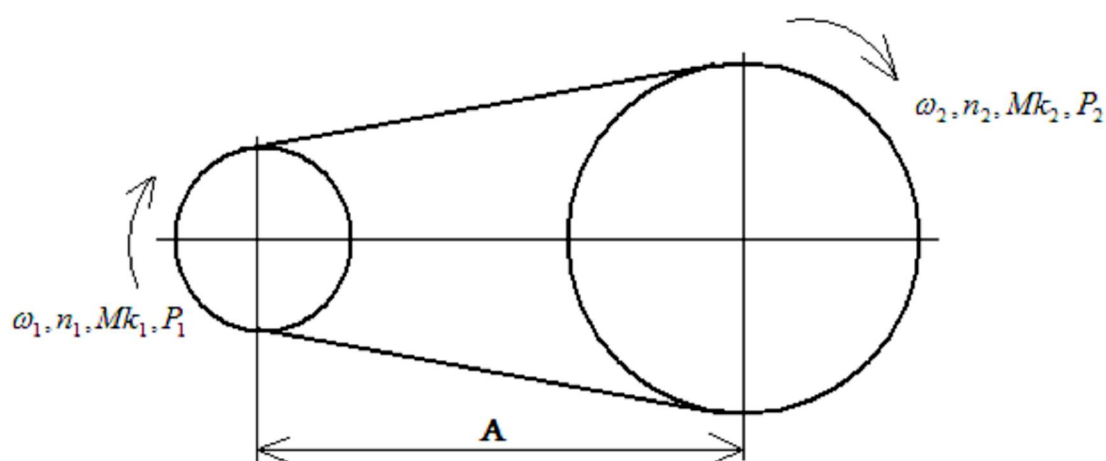
$n_2$  ó otá ky kotou e

$$P_2 = Mk_2 \cdot \omega = Mk \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} \quad (4.9)$$

$$P_2 = 22,9 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 1632}{60} = 3137 W = 3,9 kW$$

$P_2$  ó výkon na kotou i

#### 4.2 Výpo et emenového p evodu [4]



Obr. 4.10 Schéma emenového p evodu

Zadáno:

Na kotou i:

$$n_2 = 1632 \text{ ot/min}$$

$$M_{k2} = 22,8 \text{ Nm}$$

$$P_2 = 3,9 \text{ kW}$$

Volím motor SEW DRS132M4:

$$n_1 = 1445 \text{ ot/min}$$

Pevodový poměr

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (4.11)$$

$$i = \frac{1445}{1632} = 0,88$$

Teoretický výkon motoru

$$P'_1 = \frac{P_2}{i \cdot \eta_c} \quad (4.12)$$

$$P'_1 = \frac{3,9}{0,88 \cdot 0,95} = 4,65 \text{ kW}$$

$\eta_c$  - celková účinnost

Výkon motoru s ohledem na bezpečnost

$$P_1 = P'_1 \cdot k \quad (4.13)$$

$$P_1 = 4,65 \cdot 1,3 = 6 \text{ kW}$$

k s ohledem na bezpečnost

Volím motor s nejbližším vyšším výkonem-SEW DRS132M4 (viz. Pozice 1 Obr. 4.1) :

$$n_1 = 1445 \text{ ot/min}$$

$$M_{k1} = 49,5 \text{ Nm}$$

$$P_1 = 7,5 \text{ kW}$$

Pro průměr malé čemenice  $D_1$  volím (viz. Pozice 2 Obr. 4.1):

$$D_1 = 200mm$$

$$D_2 = D_1 \cdot i \quad (4.14)$$

$$D_2 = 200 \cdot 0,88 = 176mm$$

Vybereme nejbližší v řadě normalizovaný průměr obou čemenic, teoretický převodový poměr pak bude:

$$i = \frac{D_2}{D_1} \quad (4.15)$$

$$i = \frac{180}{200} = 0,9$$

Skutečný převodový poměr  $i_{SK}$ , který respektuje provozní skluz

$$i_{SK} = \frac{D_2}{D_1(1-s)} \quad (4.16)$$

$$i_{SK} = \frac{180}{200 \cdot (1-0,01)} = 0,909$$

s - skluz

Pepoítané parametry na kotouči:

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{1445}{0,909} = 1590 \text{ ot/min}$$

$$Mk_2 = Mk_1 \cdot i \cdot \eta_C = 49,5 \cdot 0,909 \cdot 0,95 = 42,7 Nm$$

$$P_2 = P_1 \cdot i \cdot \eta_C = 7,5 \cdot 0,909 \cdot 0,95 = 5,4 kW$$

### Návrh osové vzdálenosti A

Pro bezpečný výkonu postačuje malý úhel opásání malé čemenice  $\alpha \geq 90^\circ$

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot A} \quad (4.17)$$

Dosažením úhlu opásání  $\alpha = 90^\circ$  vypočteme minimální osovou vzdálenost  $A_{MIN}$

$$\cos \frac{90}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot A_{MIN}}$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot A_{MIN}} \Rightarrow$$

$$A_{MIN} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (D_2 - D_1) \quad (4.18)$$

$$A_{MIN} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot (180 - 200) \Rightarrow \text{vychází záporn}$$

Maximální osovou vzdálenost určíme podle vztahu:

$$A_{MAX} = 2 \cdot (D_1 + D_2) \quad (4.19)$$

$$A_{MAX} = 2 \cdot (180 + 200) = 760 \text{ mm}$$

Osovou vzdálenost A tedy volíme v rozmezí

$$A_{MIN} \leq A \leq A_{MAX} \quad (4.20)$$

$$A = 740 \text{ mm}$$

### Určení délky emene

Uzavřenou délku emene  $L_P$  určíme pomocí geometrického výpočtu [4].  
 Především geometrickou délku emene  $L_P'$  v rovině neutrálních vláken určíme pomocí vztahu :

$$L_P' = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \pi \cdot D_1 \cdot \frac{\alpha}{360} + \pi \cdot D_2 \cdot \frac{\delta}{360} \quad (4.21)$$

$$\alpha = 180 - 2 \cdot \gamma$$

$$\delta = 180 + 2 \cdot \gamma$$

a dostaneme

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{D_2 - D_1}{2 \cdot A} = \frac{180 - 200}{2 \cdot 740} = -0,0135 \Rightarrow \alpha = 91,5^\circ$$

$$\gamma = 90 - \frac{\alpha}{2} = 90 - \frac{91,5}{2} = 44,25^\circ$$



$$L_p' = 2 \cdot A \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) + \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_2 - D_1) \quad (4.22)$$

$$L_p' = 2 \cdot 740 \cdot \sin \frac{91,5}{2} + \frac{\pi}{2} \cdot (180 + 200) + \frac{\pi \cdot 44,25}{180} \cdot (200 - 180)$$

$$L_p' = 1060,12 + 596,90 - 15,44 = 1641,5 \text{ mm}$$

Volím normalizovanou délku emene  $L_p = 1600 \text{ mm}$

Skutečná osová vzdálenost

$$A_{SK} = \frac{1,04 \cdot L_p - \frac{\pi}{2} \cdot (D_1 + D_2) - \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (D_2 - D_1)}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (4.23)$$

$$A_{SK} = \frac{1,04 \cdot 1600 - \frac{\pi}{2} \cdot (200 + 180) - \frac{\pi \cdot 44,25}{180} \cdot (180 - 200)}{2 \cdot \sin \frac{91,5}{2}} = 755,5 \text{ mm}$$

Hodnota 1,04 představuje 4% zvětšení výpočtové délky emene v důsledku napnutí.

**Stanovení potřebného počtu emen**

$$K = \frac{P_1}{N_p \cdot C_K} \quad (4.24)$$

$$K = \frac{7,5}{2,1 \cdot 0,90} = 3,9 \Rightarrow 4 \text{ emeny}$$

$C_K$  - součinitel počtu emen v převodu

$N_p$  - skutečný výkon přenášený jedním emenem

$P_1$  - výkon přenášený jedním emenem

$$N_p = N_0 \cdot \frac{C_\alpha \cdot C_L}{C_p} \quad (4.25)$$

$$N_p = 3,27 \cdot \frac{0,98 \cdot 0,99}{1,5} = 2,1 \text{ kW}$$

$N_0$  - ideální jmenovitý výkon na jeden emen

$C_\alpha$  - součinitel vlivu úhlu opásání

$C_L$  o souinitel vlivu délky emene

$C_P$  o souinitel dynami nosti a pracovního reffimu

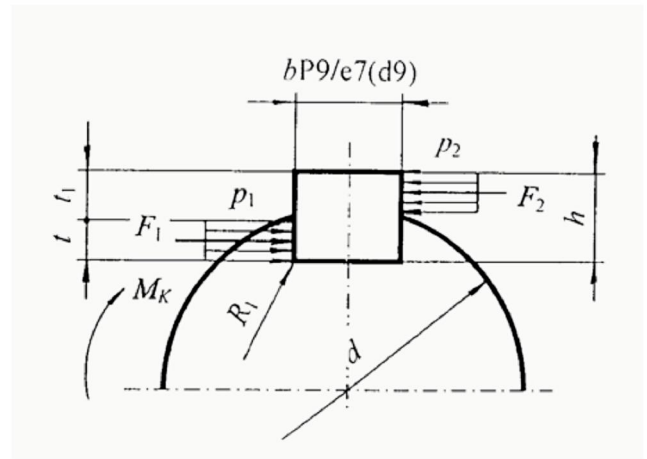
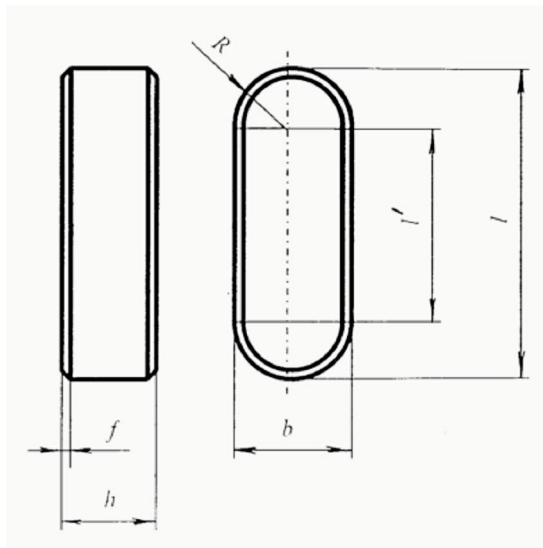
#### 4.3 Výpo et spoj pro p enos kroutícího momentu z h ídele na náboj

Zadané hodnoty:

Jedná se o pero 20e7 x 12 SN 02 2562

$b = 20 \text{ mm}$ ,  $h = 12 \text{ mm}$ ,  $l' = 50 \text{ mm}$ ,  $t_1 = 4,6 \text{ mm}$ ,  $t = 7,4 \text{ mm}$

$d = 70 \text{ mm}$



Obr. 4.26 Schéma spoje p i použití t sného pera (viz. Pozice 5 Obr. 4.1)

P i výpo tu p edpokládáme, že tlaky  $p_1$  a  $p_2$  jsou rozloženy na plochách rovnom rn [5], [6]. Jelikož v náboji je otla ována jen p ímá ást boku pera, pak tedy  $p_2 > p_1$  (viz. Obr. 4.26). Ú innou délku pera pak vypo ítáme z kontroly tlaku  $p_2$ .

$$p_2 = \frac{F_2}{l' \cdot t_1} \leq p_D \Rightarrow \quad (4.27)$$

$$l' \geq \frac{F_2}{p_D \cdot t_1} = \frac{1144,7}{80 \cdot 4,6} = 30,1 \text{ mm}$$

Z konstruk ních d vod volím délku pera  $l' = 50 \text{ mm}$

$$F_2 = \frac{M_K}{\frac{d}{2} + \frac{t_1}{2}} \quad (4.28)$$

$$F_2 = \frac{42700}{\frac{70}{2} + \frac{4,6}{2}} = 1144,7 N$$

$p_D$  ó dovolený tlak, pro ocel volíme 80 MPa

$$l = l' + 2 \cdot R = l' + b = 50 + 20 = 70 mm$$

Vypočtenou délku pera  $l$  jsem zaokrouhlil na nejbližší v  $t$ -í normalizovanou délku [5].

Kontrola tlaku  $p_1$

$$p_1 = \frac{F_1}{t \cdot l} = \frac{1364,2}{7,4 \cdot 70} = 2,6 MPa \leq p_D \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

$$F_1 = \frac{M_K}{\frac{d}{2} - \frac{t}{2}} \quad (4.29)$$

$$F_1 = \frac{42700}{\frac{70}{2} - \frac{7,4}{2}} = 1364,2 N$$

## **5 Konstrukční návrhy**

Pokud jde o zpracování výkresové dokumentace, její obsah byl konzultován s firmou Ferram a týká se především pohonné jednotky. Tato součásti pily se nejvíce promítá do kapitoly 4, proto jsou voleny tyto výkresy. Konkrétní výkresy jsou vypsány viz. Seznam příloh.

## 6 Plán údržby a návrh kompletního plánu údržby pily

V této kapitole navrhuji veškerá opatření a zásady pro údržbu pily tak, aby se minimalizovalo riziko nenadálé havárie a zvýšila se životnost celého stroje. Celou údržbu rozdělím do několika základních kapitol. Než přejdu k samotnému návrhu údržby musím zde uvést základní normy, které se týkají hygieny práce, životního prostředí a údržby. Jsou to tyto zákony a normy:

- zákon č. 157/1998 Sb. ve znění zákona č. 352/1999 Sb. o Zákon o chemických látkách a chemických přípravcích

Tento zákon pojednává o klasifikaci látek a přípravků, jejich registraci, obecných podmínkách nakládání s nimi a jejich evidenci. V tomto zákoně je například uvedeno: „Výrobce, dovozce a distributor nebezpečné látky nebo přípravku jsou povinni vést evidenci o druhu, množství a vlastnostech látky nebo přípravku. Evidence se vede za každou provozovnu odděleně.“

Pokud společnost nesplní všechny závazky uvedené v tomto zákoně hrozí jí pokuta ve výši 1 000 000 Kč, kterou uděluje okresní úřad, okresní hygienik nebo inspekce. Výše pokuty závisí na závažnosti porušených povinností. Při opakovaném porušení povinností může být tato pokuta dvojnásobná.

- zákon č. 185/2001 Sb. o Zákon o odpadech

Tento zákon pojednává o povinnostech při nakládání s odpady, jejich balení a označování. Z oboru údržby je zde nejdříve oblast týkající se Odpadních olejů. V tomto zákoně se například píše „Provozce odpadních olejů a oprávněná osoba jsou povinni zajistit skladování nebo odstranění odpadních olejů v souladu s požadavky tohoto zákona a dalších právních předpisů, pokud regenerace ani spalování není možné z technických důvodů. Zajistit aby během nakládání s odpadními oleji nebyly tyto oleje vzájemně smíchány.“

- zákon č. 68/2010 Sb. o Zavedení opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

Tento zákon se komplexně zabývá hygienou práce. Zabývá se veškerými oblastmi bezpečnosti práce od bezpečnostních předstávek a opatření k ochraně zdraví až po vymezení celkové fyzické zátěže na organismus.

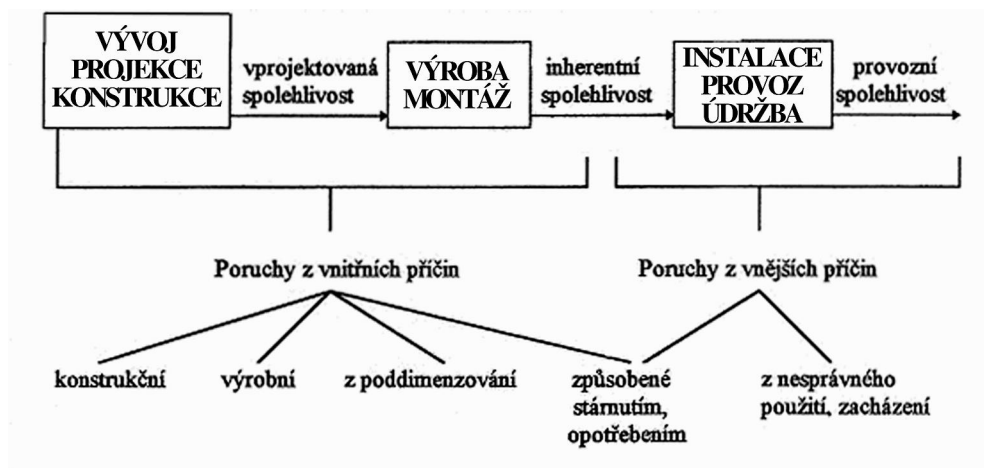
- Norma SN EN 13 460 o Údržba a Dokumentace pro údržbu

Tato norma pojednává o vhodnosti toku informací mezi různými body vnitřní organizace a ostatními funkčními jednotkami podniku., tak aby se dosáhlo co nejlepších ukazatelů výkonnosti údržby. K tomu je nutné mít vhodnou dokumentaci o provedených úkonech údržby. V této normě je popsán seznam základních dokumentů pro údržbu a jsou podány informace o možném obsahu každého dokumentu.

- Norma SN EN 13 306 o Terminologie údržby

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 13 306. V normě jsou specifikovány základní termíny a definice pro veškeré oblasti údržby.

Je potřeba zmínit, že celý návrh údržby bude respektovat velký trend dnešní doby, což je maximalizace provozní spolehlivosti při vynaložení co nejmenších nákladů na údržbu a tedy dosažení co možná nejvyššího zisku. Tento, na první pohled velice jednoduchý úkol, není tak snadné vyřešit. Velice rychle se můžeme dostat do tzv. šzarovaného kruhu.



Obr. 6.1 Spolehlivost v pr b hu technického flivota za ízení

V odborné literatuře je spolehlivost definovaná jako štállost uflitných vlastností a pokud chceme e-it spolehlivost za ízení, musíme se na tento problém dívat komplexn a e-it ho systémov . Tato problematika je spjata s celým technickým flivotem za ízení(viz. Obr. 6.1).

P i zvýení spolehlivosti nedochází pouze k prodloužení životnosti daného zařízení, ale dostavují se i vedlejší pozitivní příznaky zvýení spolehlivosti, jako je například minimalizace neekyých odstávek, snížení nákladů na údržbu a případné náhradní díly.

Správně navržený systém údržby by měl respektovat tzv. zásadu 3 P:

- preventivnosť – ošetrovanie sa musí robiť v správnej dobe
- proaktivnosť – nejde len o odstránenie následkov havárie, ale i o nájdenie príčiny
- produktivnosť – čas strávený na opravu je čas, ktorý nie je k dispozícii na výrobu, je nevyhnutnou súčasťou výrobného procesu

len ní údržby je následující:

- autonomní údržba se jedná o dodržování zásad, které najdeme v tzv. Návodu pro údržbu. Tento návod by měl mít každý uživatel. Hlavním cílem této údržby je snížení opotřebení zařízení (mazání, čištění).
- opravy se jedná o odstranění opotřebovaných součástí stroje a jeho navrácení do provozuschopného stavu.

- kontrolní revizní a inspekčníinnost ó tyto prohlídky se d ílí na subjektivní (jsou provád ěny obsluhou stroje) a objektivní (použití metod technické diagnostiky).

## 6.1 Mazání

Na pile se nachází n kolik míst, kde musíme e-ít problematiku mazání. První ze sou ástí jsou dv lofiška na h ídeli, kde je p ípevn ěn pilový kotou ě. Ob ě tyto lofiška jsou z obou stran kryté, tedy nehrozí riziko, ťe by se do nich dostaly n jaké ne istoty. P í výrob ě byly napln ěny celoflivotní náplní maziva, jedná se tedy o bezúdrťbové sou ásti.

Dal-í sou ástí je samotný pilový kotou ě. Nejedná se o klasické mazání pomocí maziva, ale nanesení ezné kapaliny. Jde o specifický p ípad, nedochází zde ke ztrátovému mazání jako nap íklad u frézování, kde ezná kapalina pokrývá celý obrobek. V tomto p ípad ě se pomocí vhodn ě umíst ěné trysky pokryje ezná ást kotou ě e eznou kapalinou. Toto mazání probíhá pouze jednou denn ě. Po zbytek dne se kotou ě nemafle. Tryska je umíst ěna vertikáln ě v krytu, p ímo nad ním kotou ěm. ezná kapalina je tím pádem st íkána p ímo na eznou ást kotou ě, nedochází k ťládným ztrátám. Nádob a, která tvo í zásobu ezné kapaliny je umíst ěna na stojanu hlavního rámu pily a s tryskou je spojena pomocí hadice.

Hlavní sou ásti, kde se uplatní mazání jsou lineární vedení Rexroth Star. Podle katalogu výrobce se interval mazání ur ťuje podle vzdálenosti, kterou ujede vozí ek po vedení, udávané v kilometrech. V na-em p ípad ě, kdy p edpokládám t ísm nný provoz p t dní v týdnu, vychází interval pro mazání vedení jednou za 2 m síce. V tomto p ípad ě jsou na pile 4 lineární vedení, tím pádem se na jejich mazání bude pouťívat stejný olej. Mazání t chto prvk ě se dá vy e-ít n kolika zp ťsoby.

Nejjednodu-ím zp ťsobem je ru ní mazání, kdy bude pov ěná osoba (tribotechnik) za ízení mazat v ur ěném asovém intervalu. Druhou moťností je pouťití mazací patrony. Toto za ízení obsahuje nádobu s mazivem, která se umíst í p ímo na stroj. V na-em p ípad ě by bylo nejvhodn ěj-í umíst ět patronu na konec ramene hlavního rámu poblíť elektromotoru, který zabezpe ťuje pohyb pohonné jednotky po ramenu.

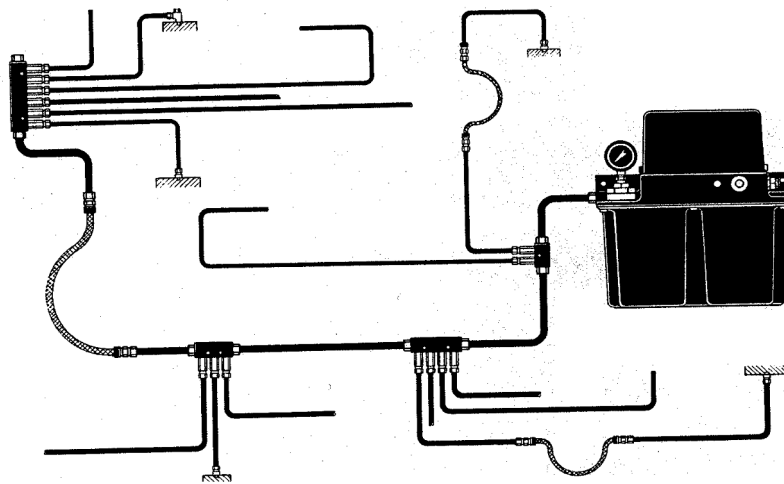


Součástí tohoto systému je i sásova a hadičky, které dopraví mazivo přímo do mazacích míst (viz. Obr. 6.1). Výtlak maziva je zajištěn pomocí pružiny [8].



Obr. 6.1 Mazací patrona SKF LAGD 400 [8]

Poslední možností je použití tzv. Centrálního mazacího systému. V našem případě by se jednalo o jednopotrubní centrální mazací systém, který se používá k mazání strojů a strojních zařízení do sta mazacích míst, vzdálených od sebe až několik desítek metrů. Použitím různých velikostí dávkovače se docílí požadovaného množství maziva do jednotlivých mazacích míst. Tento systém se velmi snadno automatizuje. Celý systém tvoří nádoba s mazivem, čerpadlo zajišťující výtlak maziva, rozdělovač a soustava rozvodového potrubí zakončeného dávkovači (viz. Obr. 6.2).



- a – nádobka s mazivem
- b – manometr
- c – rozvodné potrubí
- d – rozdělova
- e – dávkova

Obr. 6.2 Jednopotrubní centrální mazací systém

Z uvedených parametrů pro použití jednopotrubního centrálního mazacího systému (afl 100 mazacích míst) je zřejmé, že v případě použití na ná–konkrétní by byl celý systém nevyužitý a zbytečně drahý.

### Skladování a manipulace s mazivem

Je potřeba si uvědomit, že maziva jsou látky vyráběné z ropy, proto je s nimi spojena řada rizik a nebezpečí. Z těchto důvodů se na tuto oblast údržby vztahují celkem přesné předpisy, které je potřeba dodržovat, aby nedošlo k haváriím, které by znamenaly velké finanční a především ekologické škody. Největší rizika při skladování a manipulaci s mazivem vyplývají z těchto důvodů:

- Ropné látky jsou hořlaviny a jejich výpary mohou se vzduchem tvořit tiskavou směs.
- Hlavní aditivované ropné látky jsou zdraví škodlivé.
- Při případném rozlité maziva na podlahu dochází ke snížení tření a snadnému podklouznutí nohou a tedy následnému pádu.

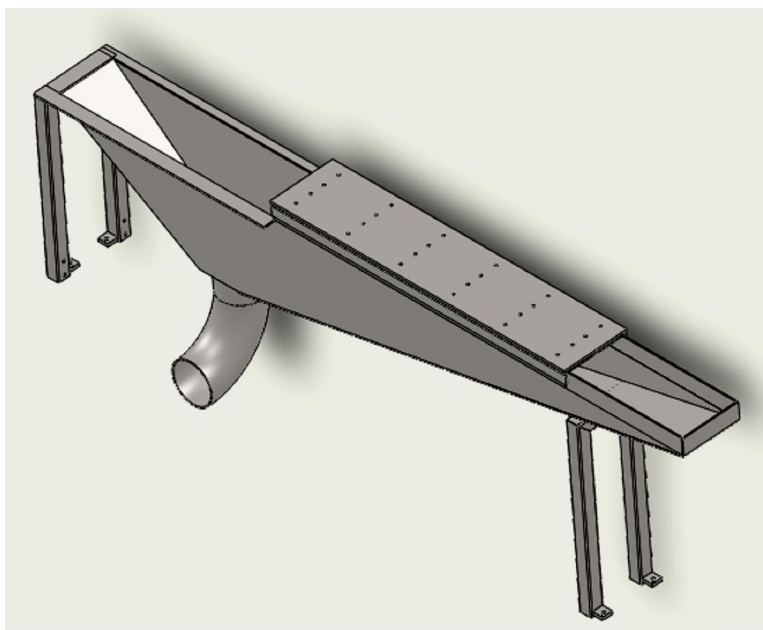
- Ropné látky jsou ekologicky škodlivé ve vodě a půdě, proto musíme dbát zvýšené pozornosti při manipulaci s nimi.

Z toho důvodu je potřeba v novat skladování i manipulaci s ropnými látkami velkou pozornost, potrubné operace provádět pouze na plochách, které jsou na to určené a používat pouze schválené zařízení. Velice důležité je vést věrohodnou evidenci aby se předcházelo nehodám a omylům (např. dolití jiným druhem oleje, míchání olejů apod.) což by znamenalo velké a zbytečné problémy, kterým se dá předcházet. Všechny nádrže a kanistry s mazivem musí být řádně označeny. Co se týče uskladnění maziv, maziva by měla být pokud možno v čistém prostředí, tedy ve skladu a jeho okolí je nutné dodržovat požadky. Co se týče strojů v provozu, ve kterých prováděné operace (dolití oleje, výměna oleje apod.) musí prováděná osoba zapisovat do šKnihy údržby a to každý den hned po skončení.

Pokud uvažujeme o mazivech, tak v jejich souvislosti se nám objevuje ještě jeden důležitý pojem, a to Maintenance Manager For Tribology či Tribotechnik. Osoba na této pozici je plně zodpovědná za provoz a triboúdržbu výrobního zařízení. Jedná se tedy o práci s lidskými zdroji a vzhledem k relativní samostatnosti triboúdržby musí tribotechnik splňovat určité požadavky vyplývající z tohoto postavení. K těmto požadavkům patří především: vzdělání v dané problematice na různých stupních, tzn. ať už po vysokou školu a certifikace profesní způsobilosti v oboru.

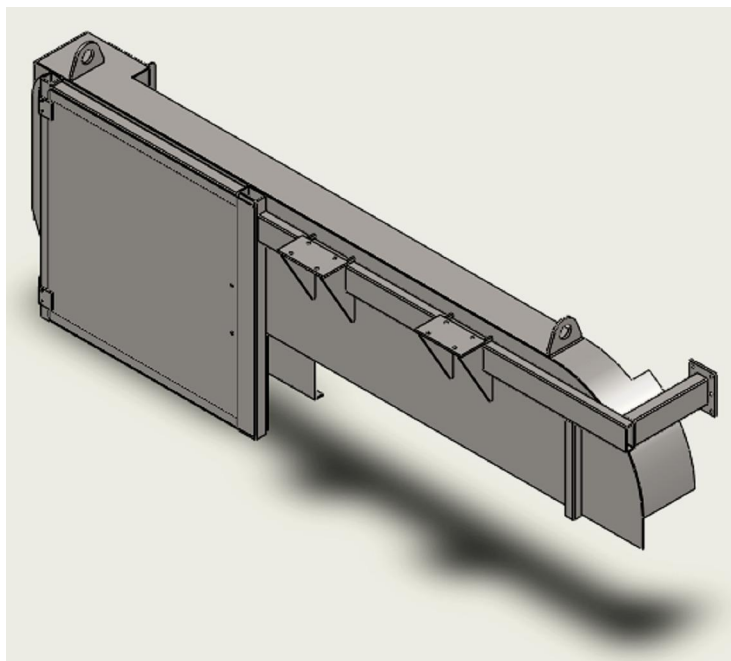
## 6.2 Třísky při ezání

Při samotném ezání hliníkových profilů vzniká velké množství malých hliníkových třísek. Při mechanickém tlaku se tyto třísky mění v mazlavou hmotu. V případě by se tyto třísky dostali mezi těci dvojicí vzájemně se pohybujících těles, hrozilo by zaděním (např. lineárního vedení). Tomuto problému se předchází pomocí vhodně tvarovaného krytu pilového kotouče. Ve kterých třísky odlétají v tangenciálním směru od pilového kotouče, kryt odvádí všechny třísky do jednoho místa, odkud padají dolů. Pod pilovým kotoučem je speciální příravek (viz. Obr. 6.3). Ten je tvarován tak, aby třísky padaly do ústí příravku, které je napojeno na odsávací systém. Tento systém nasává třísky a vhání je do zásobníku, který je umístěn mimo halu.



Obr. 6.3 Kryt pod pilou pro odvod t ísek

Samotná pohonná jednotka je zakryta pomocí vrchního krytu (viz. Obr. 6.4). Tento kryt je zde umístěn spíše kvůli bezpečnosti práce. Ve které pohyblivé části, u kterých hrozí zranění obsluhy nebo údržby musí být maximálně zabezpečeny aby se nedcházelo úrazům. Tento kryt je ve střední části opatřen dvěma ky pro snazší dosahitelnost pohonné jednotky.



Obr. 6.4 Horní kryt

### 6.3 Otupení kotouče

Jeden z hlavních diagnostických úkonů na tomto stroji. V případě by došlo k nadměrnému otupení řezného kotouče může dojít k neřádným projevům jako je zvýšení vibrací stroje a tím pádem neklidný chod celé pily a zvýšení hluku. Dalším problémem může být zhoršení povrchu řezu, v krajním případě až překročení povolené délkové tolerance celého hliníkového profilu. Otupení kotouče se zjišťuje velice jednoduchým způsobem. Při postupném opotřebení kotouče dochází ke zmenšování jeho průměru. Výrobce je stanoven rozsah průměru kotouče, kdy se považuje ještě za ostrý. V pravidelných časových intervalech se měří průměr kotouče a tím se kontroluje jeho opotřebení. Samozřejmě se dají použít i metody technické diagnostiky.

Pro zjištění otupení řezného kotouče by se dala použít metoda termická diagnostika, tedy nasazení termické kamery. Ta by snímala teplotní pole řezného kotouče a místa řezu. Při nadměrném otupení by kamera zaznamenala zvýšenou teplotu v místě řezu, této zvýšení by bylo diagnostickým parametrem naznačující otupení kotouče. Co se týká problematiky zvýšení hluku, navrhuji nasadit metodu akustické diagnostiky. Při tomto druhu diagnostiky v podstatě měří akustický tlak pomocí mikrofónu v předepsané vzdálenosti od stroje. Vibrodiagnostika je možnost zjištění zvýšených vibrací. Na vhodné místo na stroji se umístí senzor, který měří vibrace. Tyto snímá se dle na absolutní a relativní. Absolutní měří veličinu vzhledem k referenční setrvačné (seismické) soustavě, zatímco relativní měří veličinu vzhledem k libovolnému bodu prostoru. Tato metoda se dá použít i jako online měření, tedy sledování v reálném čase po celou dobu provozu stroje.

Vzhledem k tomu, že všechny zmíněné negativní projevy nadměrného otupení kotouče se projevují v podstatě souasně je možné použít pouze jednu metodu technické diagnostiky s těmi varianty, které jsem uvedl.

Dle litou sou ástí údrflby je nejen nezbytné dodrřování pokyn , co se týká asových termín dopl ování i m ení, ale i d kladné zapisování ve-kerých provedených operací údrflby do p íslu-ných knih údrflby. Tuto knihu by m l mít kařdý stroj. Pokud se pouřlívá více druh maziv je d leřit d sledné ozna ení jednotlivých láhví, aby nedo-lo k zám n maziva p i vým n , respektive dopl ování.

## 7 Záv r

Hlavními cíly této Diplomové práce bylo zmapování pouřlívání hliníku jako materiálu v mnoha odv tvích, popis samotné výroby na konkrétní výrobní lince, výpo et hlavních parametr pily a návrh plánu údrflby.

Pokud jde o zmapování pouřlívání hliníku, uvedl jsem hlavní pr myslové odv tví, kde se hliník pouřlívá s vyjmenováním nejd leřit j-ích zástupc v kařdém pr myslovém odv tví. Dále jsem uvedl základní vlastnosti hliníku a jeho mořný výrobní potenciál do budoucnosti. Pro popis výrobního procesu výroby hliníku jsem si vybral konkrétní linku, která byla dodávána firmou Ferram. Jedná se o linku pro výrobu hliníkových profil . Uvedl jsem stru ný popis jednotlivých za ízení, jejich funkci v rámci celé linky a návaznost na jednotlivé sou ásti. Postup výrobního procesu je dob e z etelný s p ilořeného schématu linky.

Jednou z hlavních sou ástí výrobní linky je kotou ová pila. V kapitole 4 jsem uvedl kompletní výpo et základních parametr pily. Pomocí ezných podmínek jsem si spo etl eznou sílu, kterou vytvá í kotou pily p i ezání hliníku. Z tohoto parametru jsem postupným dosazováním výpo etl výkon elektromotoru pro pohon ezného kotou e. Tuto dvojici od sebe d lí emenový p evod. Provedl jsem kompletní návrh tohoto p evodu a provedl kontrolu otl ení pera na h ídeli. P i ve-kerých výpo tech jsem po ítal s nejhor-í mořnou variantou, tedy maximálním zatířením. V-e je zkontrolováno s ohledem na provozní bezpe nost.

Dal-í kapitola se zabývá návrhem plánu údrflby. Tento návrh zohled uje moderní trend v údrflb , který se inspiruje tzv. pravidlem 3 P. Na úvod jsem vyjmenoval základní sm rnice a normy z oblasti hygieny práce, údrflby a řivotního prost edí.

Jednotlivou údržbu jsem rozdělil na několik částí. V části v novém mazání jsem uvedl součásti, které budou mazány a v jakém časovém intervalu. Pro samotnou metodiku mazání jsem uvedl tři možnosti, jakým systémem lze mazání provádět a vybrat optimální možnost s ohledem na pracovní podmínky a vytížení jednotlivých součástí.

Dalším velkým nebezpečím pro bezporuchový chod stroje jsou hliníkové třísky, které vznikají při řezání. V kontaktu s pohybujícími se součástmi tvoří nepříjemnou hmotu. Tomuto problému se předchází pomocí vhodně tvarovaných krytů, které chrání dlehlité části pily. Tyto kryty lze vidět na obrázcích, které jsem uvedl v této práci.

Poslední část údržby je vnována otupení rezného kotouče. Uvedl jsem základní metodiku mření kotouče, kterou popisuje výrobce kotouče a další možnosti s ohledem na nasazení metod technické diagnostiky.

Závěrem lze říci, že při dodržování jednotlivých vyjmenovaných zásad a doporučení dojde ke zvýšení provozní spolehlivosti celého stroje, tedy celé výrobní linky. Dochází ke snížení nákladů na údržbu, bezproblémovému provozu stroje bez náhlých závad a tedy i výrazným ekonomickým úsporám.

## 8 Použitá literatura

- [1] MICHNA, T. a LUKÁŠ, I. a OLEŠNÁČEK, V. a KOPEČNÝ, R. a DRÁPALA, J. a SCHNEIDER, H. a MIŠKUFKOVÁ, A. *Encyklopedie hliníku*. 2005. 700s. ISBN 80-89041-88-4.
- [2] SMITH FERRAM [online]. - [cit. 2010-02-17]. Extrusion handling systems. Dostupné z WWW: <[www.smith-ferram.com](http://www.smith-ferram.com)>
- [3] BILÍK, O. *Obrábění II a 1. díl Fyzikální mechanické zákonitosti procesu obrábění*. VUTIUM a TU Ostrava, 1994. 131s. ISBN 80-7078-228-5
- [4] KALÁB, K. *Návrh a výpočet členového převodu a Vysoko-kolská pístuška*. VUTIUM a TU Ostrava, 2008. 16s.
- [5] KALÁB, K. *Návrh a výpočet spoj pro přenos kroutícího momentu z hřídele na náboj a Vysoko-kolská pístuška*. VUTIUM a TU Ostrava, 2003. 31s.
- [6] LEINVEBER, J. a ASA, J. a VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 1999. 985s. ISBN 80-7183-164-6
- [7] FOLTA, Z. *Lofiska a Vysoko-kolská pístuška*. VUTIUM a TU Ostrava, 2007. 16s.
- [8] SKF [online]. - [cit. 2010-02-17]. Lubrication Selection . Dostupné z WWW: <[www.skf.com](http://www.skf.com)>



## **9 Seznam příloh**

TAT015-05-1	Rám
TAT015-05-3	elasti